

INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation <sup>6</sup> : <b>F15C 5/00, 3/04, F16K 31/00, H01L 41/09</b>	A1	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 98/23868</b>  (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. Juni 1998 (04.06.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/06344		(81) Bestimmungsstaaten: JP, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
(22) Internationales Anmeldedatum: 13. November 1997 (13.11.97)		
(30) Prioritätsdaten: 196 48 730.7 25. November 1996 (25.11.96) DE 197 35 156.5 13. August 1997 (13.08.97) DE		<b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i>
(71) Anmelder ( <i>für alle Bestimmungsstaaten ausser US</i> ): FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstrasse 54, D-80636 München (DE).		
(72) Erfinder; und		
(75) Erfinder/Anmelder ( <i>nur für US</i> ): KLUGE, Stefan [DE/DE]; Röthstrasse 13, D-80992 München (DE). WOIAS, Peter [DE/DE]; Amselweg 10, D-81735 München (DE).		
(74) Anwalt: SCHOPPE, Fritz; Postfach 71 08 67, D-81458 München (DE).		

## (54) Title: PIEZO-ELECTRIC OPERATED MICROVALVE

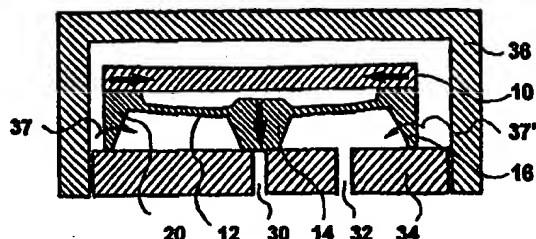
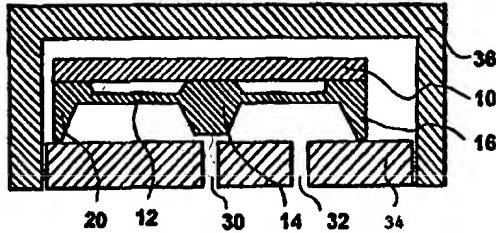
## (54) Bezeichnung: PIEZOELEKTRISCH BETÄTIGTES MIKROVENTIL

## (57) Abstract

The invention relates to a microvalve which has a base body (34) with a passage opening (30), a tappet (14), a suspension device (12), through which the tappet (14) can be guided with relation to the base body (34) in such a way that the passage opening (30) can be closed or opened by the tappet (14). The microvalve also has a piezo-electric operating device (10) for operating the tappet (14), the lengthwise extension of which can be altered by the application of electric tension. Lengthwise distanced ends of the piezo-electric operating device (10) are connected with lengthwise distanced ends of the suspension device (12). An alteration of the extension of the piezo-electric operating device (10) in lengthwise direction by the application of electric tension causes a movement of the tappet perpendicular to the lengthwise direction which is added to by the lever action occasioned by the suspension device (12), so as, by this, to open or close the passage opening (30) in the base body (34). The suspension device (12) is fastened at at least two separate points of the same to the base body (34), in such a way that substantially tension free rotation of the tappet chip is possible.

## (57) Zusammenfassung

Ein Mikroventil weist einen Grundkörper (34) mit einer Durchlaßöffnung (30), einen Stöbel (14), eine Aufhängungsvorrichtung (12), durch die der Stöbel (14) gegenüber dem Grundkörper (34) derartführbar ist, daß die Durchlaßöffnung (30) durch den Stöbel (14) verschlossen oder freigegeben werden kann, und eine piezoelektrische Betätigungs vorrichtung (10) zur Betätigung des Stöbels (14), deren Erstreckung in Längsrichtung durch das Anlegen einer elektrischen Spannung veränderbar ist, auf. In Längsrichtung voneinander beabstandete Enden der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10) sind mit in Längsrichtung voneinander beabstandeten Enden der Aufhängungsvorrichtung (12) verbunden. Eine durch das Anlegen einer elektrischen Spannung bewirkte Änderung der Erstreckung der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10) in Längsrichtung bewirkt eine um die durch die Aufhängungsvorrichtung (12) bewirkte Hebelwirkung vergrößerte Bewegung des Stöbels senkrecht zu der Längsrichtung, um dadurch die Durchlaßöffnung (30) in dem Grundkörper (34) freizugeben oder zu verschließen. Die Aufhängungsvorrichtung (12) ist an zumindest zwei beabstandeten Stellen derselben derart an dem Grundkörper (34) befestigt, daß eine im wesentlichen spannungsfreie Drehbewegung des Stöbel-Chips möglich ist.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TC	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

**Piezoelektrisch betätigtes Mikroventil****Beschreibung**

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf mikromechanisch gefertigte Ventile und insbesondere piezoelektrisch betriebene Mikroventile.

Mikroventile können allgemein in der Pneumatik und Fluidik bei der Steuerung von Gas- und Flüssigkeits-Strömungen, also Fluidströmungen, verwendet werden. Ein solches Ventil kann dabei entweder die Funktion eines Vorsteuerventils besitzen oder direkt der Steuerung eines Volumenstromes bzw. Drucks in einem Arbeitskolben und dergleichen dienen.

Derzeit bekannte piezoelektrisch betriebene Mikroventile, die auf dem inversen piezoelektrischen Effekt beruhen, weisen eine große, meist einseitig eingespannte Piezokeramik auf, mit der der Fluidstrom direkt geregelt wird. Ein derartiges piezoelektrisch betriebenes Silizium-Mikroventil ist in R. Roßberg, B. Schmidt, S. Büttgenbach: "Micro Liquid Dosing System", Microsystem Technologies 2 (1995), Seiten 11 bis 16, Springer-Verlag 1995, beschrieben. Bei solchen Mikroventilen kann die Piezokeramik entweder selbst als Ventilstöbel dienen oder es wird ein direkt von der Piezokeramik geführter Ventilstöbel eingesetzt.

Die in der obigen Schrift beschriebenen Mikroventile weisen einen Nachteil dahingehend auf, daß für die für einen großen Durchfluß benötigte Auslenkung des Ventilstöbels, der auch als Ventilklappe bezeichnet werden kann, über dem Ventilsitz eine sehr lange Piezokeramik benötigt wird. Zur Aufnahme einer solchen Piezokeramik ist selbstverständlich auch ein entsprechend großes Gehäuse erforderlich. Die bekannten piezobetriebenen Mikroventile, wie sie beispielsweise in der oben genannten Schrift beschrieben sind, weisen also im Vergleich zu Ihrer Baugröße eine relativ kleine Ventilöffnung,

d.h. Nennweite, auf.

Aus A. Dogan, J.F. Fernandez, J.F. Tressler, K. Uchino, R.E. Newnham: "Properties of piezoelectric actuators"; Proceedings 5th International Conference on New Actuators 1996; Bremen 26.-28. Juni 1996, und J.F. Fernandez, A. Dogan, J.F. Tressler, K.Uchino, R.E. Newnham: "Tailoring performance of cymbal actuators", Proceedings 5th International Conference on New Actuators, Bremen 26.-28. Juni 1996, sind piezoelektrische Betätigungsglieder bekannt, die aus einem piezoelektrischen Keramikmaterial als einem Antriebselement bestehen, das zwischen zwei Endabdeckungen, die an ihren Rändern mit dem Keramikmaterial verbunden sind, angeordnet ist. Durch diese Anordnung wird eine laterale Bewegung der piezoelektrischen Keramik in eine große axiale Verschiebung senkrecht zu den Endabdeckungen umgewandelt und verstärkt. Wie in der Schrift "Tailoring performance of cymbal actuators" beschrieben ist, werden als Endabdeckungen Metalle bzw. Metalllegierungen verwendet, beispielsweise Zirkon, Messing, kohlenstoffreicher Stahl, Molybdän oder Wolfram.

Das Abstract der JP-A-07158757 offenbart ein Mikroventil mit einem Grundkörper, der eine Durchlaßöffnung aufweist, die mittels einer Verdickung einer Siliziummembran verschließbar ist. Auf der Siliziummembran ist ein piezoelektrischer Aktuator angebracht, durch den die Siliziummembran zum Öffnen und Schließen der Durchlaßöffnung verschoben werden kann.

Die FR-A-2642812 beschreibt ein Mikroventil, bei dem ein Stößelbauglied mittels piezoelektrischer membranartiger Bauglieder, die mit Flächenelektroden versehen sind, derart gelagert ist, daß mittels des Stößelbauglieds eine Durchlaßöffnung geöffnet und verschlossen werden kann.

Ausgehend von dem beschriebenen Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, piezoelektrisch betriebene Mikroventile zu schaffen, die eine gegenüber bekannten piezoelektrisch betriebenen Mikroventilen deutlich

reduzierte Baugröße aufweisen.

Diese Aufgabe wird durch ein Mikroventil gemäß Anspruch 1 und ein Mikroventil gemäß Anspruch 12 gelöst.

Die vorliegende Erfindung schafft ein Mikroventil, das einen Grundkörper mit einer Durchlaßöffnung, einen Stöbel, eine Aufhängungsvorrichtung, durch die der Stöbel gegenüber dem Grundkörper derart führbar ist, daß die Durchlaßöffnung durch den Stöbel verschlossen oder freigegeben werden kann, und eine piezoelektrische Betätigungs vorrichtung zur Betätigung des Stöbels, deren Erstreckung in Längsrichtung durch das Anlegen einer elektrischen Spannung veränderbar ist, aufweist. In Längsrichtung voneinander beabstandete Enden der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung sind mit in Längsrichtung voneinander beabstandeten Enden der Aufhängungsvorrichtung verbunden. Bei dem erfindungsgemäßen Mikroventil wird eine durch das Anlegen einer elektrischen Spannung bewirkte Änderung der Erstreckung der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung in Längsrichtung in eine Bewegung des Stöbels senkrecht zu der Längsrichtung übersetzt, derart, daß dadurch die Durchlaßöffnung freigegeben oder verschlossen wird. Die Aufhängungsvorrichtung ist an zumindest zwei beabstandeten Stellen derselben derart an dem Grundkörper befestigt, daß eine im wesentlichen spannungsfreie Drehbewegung des Stöbel-Chips möglich ist.

Die vorliegende Erfindung schafft ferner ein Mikroventil mit einem Grundkörper mit einer Durchlaßöffnung, einem Stöbel und einer Aufhängungsvorrichtung, durch die der Stöbel gegenüber dem Grundkörper derart führbar ist, daß die Durchlaßöffnung durch den Stöbel verschlossen oder freigegeben werden kann, wobei der Stöbel die Durchlaßöffnung verschließt, wenn keine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungs glied anliegt, und die Durchgangsöffnung offen läßt, wenn eine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungs glied anliegt. Eine piezoelektrische Betätigungs vorrichtung zur Betätigung des Stöbels, deren Erstreckung in Längsrichtung

durch das Anlegen einer elektrischen Spannung veränderbar ist, ist vorgesehen. Das piezoelektrische Betätigungsglied ist mittels einer Befestigungsvorrichtung an der dem Stöbel und der Aufhängungsvorrichtung abgewandten Seite an dem Grundkörper angebracht, wobei die piezoelektrische Betätigungs vorrichtung zumindest ein Durchgangsloch aufweist, das über die Befestigungsvorrichtung in fluidmäßiger Verbindung mit dem Durchgangsloch in dem Grundkörper ist. Der Stöbel verschließt das Durchgangsloch des Grundkörpers durch das Verschließen des Durchgangslochs des Betätigungs glieds. In Längsrichtung voneinander beabstandete Enden der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung sind mit in Längsrichtung voneinander beabstandeten Enden der Aufhängungsvorrichtung verbunden, wobei eine durch das Anlegen einer elektrischen Spannung an die piezoelektrische Betätigungs vorrichtung bewirkte Änderung der Erstreckung der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung in Längsrichtung bewirkt eine Bewegung des Stöbels im wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung, um dadurch die Durchlaßöffnung freizugeben oder zu verschließen.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine besondere Bauweise von Mikroventilen, die den inversen piezoelektrischen Effekt als Antriebsmechanismus benutzen, und insbesondere auf eine besondere Ausgestaltung des piezoelektrischen Antriebsmechanismusses, der eine für einen großen Durchfluß benötigte Auslenkung bei einer reduzierten Baugröße eines piezoelektrisch betriebenen Mikroventils ermöglicht. Dieser piezoelektrische Aktor, der auch als Piezokeramik bezeichnet werden kann, ist für Mikroventile mit einer unterschiedlichen Anzahl von Wegen und Schaltzuständen verwendbar. Ein 2/2-NO-Ventil weist beispielsweise zwei Wege und zwei Schaltzustände auf, und ist normal offen, d.h. ohne das Anlegen einer Spannung an den Aktor ist ein Weg, d.h. eine Durchlaßöffnung, des Ventils durch den Ventilstöbel nicht verschlossen. Ein 2/2-NG-Ventil weist zwei Wege und zwei Schaltzustände auf, wobei eine Durchlaßöffnung im Ruhezustand geschlossen ist. Ferner sind Ventile mit drei Wegen

und zwei Schaltzuständen oder Ventile höherer Ordnung realisierbar.

Durch das erfindungsgemäße Mikroventil kann aufgrund einer mechanischen Übersetzung zwischen einem Stößel und einer piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung, wobei die mechanische Übersetzung durch die Aufhängungsvorrichtung des Stößels geliefert wird, die Baugröße von piezoelektrisch betriebenen Ventilen deutlich reduziert werden. Durch die Hebelübersetzung wird eine relativ geringe laterale Schrumpfung, d.h. eine Änderung der Erstreckung der Piezokeramik in Längsrichtung, in eine relativ hohe vertikale Auslenkung, d.h. eine hohe Auslenkung senkrecht zu der Erstreckung der Piezokeramik in Längsrichtung, des Ventilstößels über dem Ventilsitz umgewandelt. Dadurch sind auf geringer Fläche große Öffnungsweiten des Ventils realisierbar. Die nachfolgend beschriebenen erfindungsgemäßen Ventile können zudem im Gegensatz zu den bisher bekannten Ausführungen mit einer, in der Halbleitertechnik üblichen, Full-Wafer-Verbindungstechnik montiert werden. Dies bedeutet, daß auf einem Substrat nebeneinander sehr viele identische Bauteile gleichzeitig hergestellt werden können. Durch Vereinzeln am Ende des Herstellungsprozesses werden dann die einzelnen Ventile gefertigt. Durch die Verwendung dieses sogenannten Batch-Verfahrens steigt die Reproduzierbarkeit der Bauteilspezifikationen. Durch diese Herstellung wird sowohl eine Kostenersparnis, da die Strukturen gleichzeitig gefertigt werden können, als auch eine Vereinfachung, da bereits ein Funktionstest im Waferverbund stattfinden kann, erreicht.

Die Baugröße von piezoelektrisch betriebenen Mikroventilen, die gemäß der vorliegenden Erfindung aufgebaut sind, kann bei gleichbleibendem Durchfluß im Vergleich zu bekannten Mikroventilen drastisch verringert sein. Dies ermöglicht eine höhere Packungsdichte, beispielsweise bei sogenannten Ventilinseln, wodurch es möglich wird, z.B. pneumatisch gesteuerte Maschinen zu verkleinern oder überhaupt erst zu realisieren. Vor allem auch der Einsatz von Mikroventilen im

Kraftfahrzeubereich ist eng mit der Baugröße und dem daraus resultierenden Gewicht der Mikroventile gekoppelt. Daneben können, wenn die bisherige Baugröße beibehalten wird, höhere Durchflüsse erzielt werden. Somit können schnellere Schaltzeiten, beispielsweise von Arbeitskolben erreicht werden. Durch die verringerte Baugröße, die für einen gegebenen Durchfluß nötig ist, sind ferner die Kosten für die Gehäusung reduziert.

Bei vorteilhaften Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die Aufhängungsvorrichtung an zumindest zwei beabstandeten Stellen derselben mittels zumindest eines Drehgelenks an dem Grundkörper angebracht. Dabei sind die Aufhängungsvorrichtung, der Stöbel und die drehgelenkartige Befestigung der Aufhängung an dem Grundkörper vorzugsweise einstückig aus einem mikromechanisch gefertigten Chip gebildet. Somit ermöglicht die vorliegende Erfindung eine spannungsfreie Drehbewegung des Stöbel-Chips, obwohl der Stöbel-Chip mit einer ausreichend großen Fläche an der Grundplatte angebracht ist.

Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend bezugnehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

**Fig. 1A und 1B schematische Querschnittsansichten zur Veranschaulichung des piezoelektrischen Aktors für ein Mikroventil gemäß der vorliegenden Erfindung;**

**Fig. 2A und 2B schematische Querschnittsansichten eines ersten Ausführungsbeispiels eines Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung im Ruhezustand bzw. im aktivierten Zustand;**

**Fig. 3 eine schematische Querschnittsansicht eines zweiten**

Ausführungsbeispiels eines Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung im Ruhezustand;

Fig. 4 eine schematische Querschnittsansicht eines vierten Ausführungsbeispiels eines Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung im Ruhezustand; und

Fig. 5A und 5B eine schematische Querschnittsdarstellung eines fünften Ausführungsbeispiels des Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung im Ruhezustand bzw. im aktivierten Zustand; und

Fig. 6 eine schematische Querschnittsdarstellung eines sechsten Ausführungsbeispiel eines Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung im aktivierten Zustand.

Ein Betätigungsglied, bestehend aus einer Piezokeramik und einem mittels einer Aufhängungsvorrichtung 12 an der Piezokeramik 10 befestigten Stöbel 14, ist in den Fig. 1A und 1B dargestellt. Die Piezokeramik 10 dient als eigentlicher Antrieb. An die Piezokeramik 10 ist in üblicher Weise über an derselben angebrachte Elektroden (nicht gezeigt) eine Spannung anlegbar.

An der Piezokeramik 10 ist ein mikromechanisch strukturierter Chip 16 angebracht. Der Chip ist bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein Halbleiter-Chip. Der mikromechanisch strukturierte Chip 16 kann beispielsweise mittels herkömmlicher Ätztechniken gefertigt sein. Als Chip-Material kann beispielsweise Silizium verwendet sein. Alternativ kann der Chip auch ein mittels eines Spritzguß-Verfahrens, z.B. LIGA-Verfahrens (LIGA = Lithographie, Galvanische Abformung), gefertigter Chip sein und somit aus Kunststoff bestehen.

Bei dem in den Fig. 1A und 1B dargestellten Betätigungslied ist der Chip an allen Rändern fest mit der Piezokeramik ver-

bunden, während der im wesentlichen in der Mitte des mikromechanisch strukturierten Chips befindliche, an den elastischen Aufhängungen 12 befestigte Stößel 14 vertikal beweglich ist. Bei einem 2/2-Wege-Ventil ist es jedoch nicht notwendigerweise erforderlich, daß der Chip an allen Rändern mit der Piezokeramik verbunden ist, da es für die Wirkungsweise der erfindungsgemäßen piezoelektrischen Betätigung des Stößels ausreicht, wenn der Chip zumindest an zwei voneinander beabstandeten Enden, die vorzugsweise sich gegenüberliegende Enden sind, mit der Piezokeramik verbunden ist, wobei der Stößel in einem Bereich zwischen den an der Piezokeramik befestigten Abschnitten des Chips angeordnet ist.

Die elastischen Aufhängungen 12 können aus einer Membran bestehen, in der Durchführungen 18 für einen Druckausgleich angeordnet sein können. Die elastischen Aufhängungen können jedoch auch aus einzelnen Streifen bestehen, die den Stößel 14 mit dem an der Piezokeramik befestigten Teil des mikromechanisch strukturierten Chips 16 verbinden. Entlang des Umfangs weist der mikromechanisch gefertigte Chip eine sich von der Piezokeramik 10 weg erstreckende Umrundung 20 auf, die für eine Befestigung des Betätigungsglieds an einem Ventilgrundkörper dienen kann.

In Fig. 1A ist der Zustand des Betätigungsglieds dargestellt, wenn keine Spannung an die Piezokeramik 10 angelegt ist. Wird eine elektrische Spannung an die Piezokeramik angelegt, verringert die Piezokeramik 10 ihre laterale Ausdehnung. Dies ist durch die parallel zu der Piezokeramik verlaufenden Pfeile in den Figuren, beispielsweise in Fig. 1B, dargestellt. Der entlang der Umrundung der Piezokeramik 10 mit derselben verbundene mikromechanisch strukturierte Chip 16 wird dabei gestaucht, wobei der Stößel 14 aufgrund der in dem mikromechanisch strukturierten Chip 16 auftretenden lateralen Druckspannung dazu tendiert, sich in vertikaler Richtung zu bewegen. Dies ist durch den Pfeil in Fig. 1B angezeigt. Bei einer geeigneten Formgebung des Chips 16 lässt sich hierbei eine Hebelwirkung erzielen, die den geringen

lateralen Schrumpf der Piezokeramik 10 in eine hohe vertikale Auslenkung des Stößels 14 übersetzt und damit eine große Ventilöffnungsweite ermöglicht. Im Gegensatz dazu folgt bei Mikroventilen herkömmlicher Bauart der Ventilstöbel direkt der Bewegung der Piezokeramik und ist damit in seiner Auslenkung auf den Wert der Auslenkung der Piezokeramik beschränkt.

In den Fig. 2A und 2B ist ein erstes Ausführungsbeispiel eines Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Es handelt sich dabei um ein 2-2-NO-Mikroventil, das zwei Wege, d.h. zwei Durchlaßöffnungen, und zwei Schaltzustände aufweist, wobei das Mikroventil im deaktivierten Zustand geöffnet ist. Bei dem in den Fig. 2A und 2B dargestellten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Mikroventils befinden sich die Ventilöffnungen 30 und 32 in einer Grundplatte 34, die beispielsweise aus Keramik besteht. Die Grundplatte 34 kann ferner gleichzeitig zur elektrischen Kontaktierung dienen. An den Ventilöffnungen 30 und 32 sind Fluidanschlüsse (nicht dargestellt) angebracht, beispielsweise ein Verbraucheranschluß und ein Druckanschluß.

Auf der Grundplatte 34 ist ein mikrostrukturierter Stöbel-Chip 16, der bei diesem Ausführungsbeispiel dem Chip entspricht, der in den Fig. 1A und 1B dargestellt ist, entlang seiner Umrandung, d.h. entlang der Randnase 20, befestigt, derart, daß der Stöbel 14 in der Mitte des mikromechanisch strukturierten Chips 16 frei beweglich ist. An dem mikromechanisch strukturierten Chip 16 ist ferner, wie bezugnehmend auf die Fig. 1A und 1B beschrieben wurde, eine Piezokeramik 10 angebracht. Die der Grundplatte 34 zugewandte Seite des Stößels 14 ist dabei gegenüber der Oberfläche der Grundplatte 34 etwas zurückgesetzt. Dadurch wird die Höhe der Ventilöffnung definiert.

Bei dem in den Fig. 2A und 2B dargestellten Ausführungsbeispiel ist der der Grundplatte 34 zugewandte Chiprand, d.h. die Fläche der Randnase 20, die an der Grundplatte 34 befe-

stigt ist, sehr schmal ausgestaltet, was eine spannungsfreie Drehbewegung des Stöbel-Chips ermöglicht. An der Grundplatte 34 ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel ferner eine Gehäuseabdeckung 36 angebracht, die eine Kapselung für den oben beschriebenen Aufbau liefert und ferner als Gasführung verwendet werden kann.

Wird nun eine elektrische Spannung an die Piezokeramik 10 angelegt, so ändert dieselbe Ihre Erstreckung in Längsrichtung, d.h. sie verringert ihre laterale Ausdehnung. Dies ist in Fig. 2B wiederum durch die parallel zur Längsausdehnung der Piezokeramik 10 verlaufenden Pfeile angezeigt. Der an der Umrandung mit der Piezokeramik 10 verbundene mikrostrukturierte Stöbel-Chip 16 wird dabei gestaucht und tendiert dazu, die auftretende laterale Druckspannung durch ein Ausweichen in vertikaler Richtung zu reduzieren. Durch diese vertikale Bewegung des Stöbels 14 wird bewirkt, daß die Durchlaßöffnung oder Ventilöffnung 30 der Grundplatte 34 verschlossen wird. Durch die Formgebung des mikrostrukturierten Stöbel-Chips 16 kann eine Übersetzung einer geringen lateralen Kontraktion der Piezokeramik 10 in eine hohe vertikale Auslenkung des Stöbels 14 erreicht werden. Die in Fig. 2B dargestellten Pfeile 37 und 37' stellen ferner die nahezu spannungsfreie Drehbarkeit des Stöbel-Chips dar, die durch die schmale Befestigungsfläche des mikrostrukturierten Stöbel-Chips an der Grundplatte 34 gewährleistet ist. Durch die Wahl der Richtung der Fluidströmung durch das Ventil kann das Öffnen des Ventils unterstützt werden, oder alternativ das Schließen desselben, wodurch sich ein verbessertes Leckratenverhalten ergibt.

In Fig. 3 ist ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich um ein 2/2-NG-Ventil, das zwei Wege und zwei Schaltzustände aufweist und im deaktivierten Zustand geschlossen ist. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel ist wiederum ein mikromechanisch strukturierter Stöbel-Chip 38 an einer Piezokeramik 40 angebracht. Der

Stöbel-Chip 38 weist wiederum einen Stöbel 42 auf, der über eine elastische Aufhängung 44 an einem entlang des Umfangs des Stöbel-Chips mit der Piezokeramik 40 verbundenen Teil 46 des Stöbel-Chips 38 angebracht ist. Die Montage des Stöbel-Chips an der Piezokeramik 40 erfolgt in diesem Fall derart, daß der Ventilstöbel 42 durch den Montageprozess bereits mit einer gewissen mechanischen Vorspannung beaufschlagt ist, und auf dem Ventilsitz aufliegt, wobei der Ventilsitz dadurch verschlossen wird.

Das in Fig. 3 dargestellte Ausführungsbeispiel weist wiederum eine beispielsweise aus Keramik bestehende Grundplatte 48, die zwei Ventilöffnungen 50 und 52 aufweist, sowie einen Gehäusedeckel 54 auf. Bei diesem Ausführungsbeispiel weist jedoch auch die Piezokeramik 40 zwei Durchlaßöffnungen 56 und 58 auf. Die Piezokeramik 40 ist über eine Befestigungs vorrichtung, die jedoch eine laterale Expansion und Kontraktion der Piezokeramik zuläßt, mit der Grundplatte 48 derart verbunden, daß die Ventilöffnung 50 der Grundplatte 48 mit der Durchlaßöffnung 56 der Piezokeramik 40 fluidmäßig verbunden ist, und daß die Ventilöffnung 52 der Grundplatte 48 mit der Durchlaßöffnung 58 der Piezokeramik 40 verbunden ist.

In dem Fall, in dem keine Spannung an die Piezokeramik angelegt ist, verschließt der Stöbel 42 bei dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Durchlaßöffnung 56 in der Piezokeramik 40 und somit die mit der Durchlaßöffnung 56 fluidmäßig verbundene Ventilöffnung 50 in der Grundplatte 48. Wird nun eine Spannung an die Piezokeramik 40 angelegt, verringert dieselbe durch den inversen piezoelektrischen Effekt ihre Ausdehnung in Längsrichtung, wobei diese Schrumpfung in eine Vertikalbewegung des Stöbels 42 nach oben übersetzt wird. Dadurch wird die Durchlaßöffnung 56 in der Piezokeramik 40 freigegeben und damit auch die Ventilöffnung 50 in der Grundplatte 48. Bei diesem Ventil kann die Richtung der Fluidströmung derart gewählt werden, daß das Schließen des Ventils unterstützt wird. Dies

führt zu einem verbesserten Schließ- und Leckratenverhalten.

Ein drittes Ausführungsbeispiel eines Mikroventils gemäß der vorliegenden Erfindung ist in Fig. 4 dargestellt. Die Grundplatte 48 mit Durchlaßöffnungen 50, 52 und die Piezokeramik 40 mit Durchlaßöffnungen 56 und 58 weisen bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel den gleichen Aufbau wie bei dem bezugnehmend auf Fig. 3 beschriebenen Ausführungsbeispiel auf. Auf der Piezokeramik ist wiederum ein mikromechanisch strukturierter Stößel-Chip 60 angeordnet. Die elastischen Aufhängungen, durch die der Stößel 62 an dem an der Piezokeramik 40 befestigten Teil des Stößel-Chips 60 befestigt ist, weisen Fluiddurchführungen auf, die beispielhaft als Unterbrechungen 64 dargestellt sind.

Der mikromechanisch strukturierte Stößel-Chip 60 weist wiederum eine Randnase 66 auf, auf der bei dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein weiterer Ventilsitz 68 angeordnet ist. Der Ventilsitz 68 weist eine Durchführungsöffnung 70 auf. Die Durchführungsöffnung 70 ist fluidmäßig mit einer Durchführungsöffnung 72 eines den beschriebenen Aufbau kapselnden Gehäusedeckels 74 verbunden. Durch die Pfeile 75 und 75' in Fig. 4 ist wiederum die nahezu spannungsfreie Drehbarkeit, die durch die schmale obere Fläche der Randnase 66 gewährleistet ist, angezeigt.

Das in Fig. 4 dargestellte Mikroventil kann als 3/2-Wege-Ventil bezeichnet werden. Ein solches Ventil weist 3 Wege und 2 Schaltzustände auf. Bei einem derartigen Ventil wird naturgemäß ein zweiter Ventilsitz benötigt. Dieser ist bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus einem weiteren Chip, beispielsweise Keramik, Silizium oder dergleichen, ausgebildet. Bei einem derartigen 3/2-Wege-Ventil, wie es beispielsweise bezugnehmend auf Fig. 4 beschrieben wurde, ist der Stößel-Chip entlang seines gesamten Umfangs vollständig sowohl mit der Piezokeramik als auch dem zweiten Ventilsitz verbunden, da durch den Raum zwischen dem Chip und der Piezokeramik und den Raum zwischen dem Chip und dem

zweiten Ventilsitz Fluid geführt wird.

Bei dem in Fig. 4 dargestellten Mikroventil ist die Ventilöffnung 50 im entspannten Zustand der Piezokeramik 40 geschlossenen. Wird nun eine Spannung an die Piezokeramik 40 angelegt, verringert sich die Längsausdehnung derselben, wodurch eine Vertikalbewegung des Stößels 62 nach oben bewirkt wird. Dadurch schließt der Stöbel 62 die Durchlaßöffnung 70 in dem zweiten Ventilsitz 68 und damit die Öffnung 72 in dem Gehäusedeckel 74.

3/2-Wege-Ventile werden aus Sicherheitsgründen zumeist im Normal-Geschlossen-Modus betrieben, sind also ohne anliegende Energieversorgung geschlossen. Aus diesem Grunde ist es vorteilhaft, die im Montageprozeß auf den Ventilstöbel aufgebrachte Vorspannung so hoch zu wählen, daß der Stöbel auch bei Druckbeaufschlagung von unten am Ventilsitz verbleibt und das Ventil damit geschlossen bleibt.

In Abweichung von den speziell beschriebenen Ausführungsbeispielen umfaßt die vorliegende Erfindung auch Mikroventile, die sich bezüglich ihres Aufbaus, der Anordnung der Durchlaßöffnungen, usw. von den beschriebenen Ausführungsbeispielen unterscheiden, solange bei diesen Mikroventilen die erfindungsgemäße Betätigung des Ventilstöbels verwendet ist.

Die vorliegende Erfindung schafft somit Mikroventile, die bei einer relativ geringen Baugröße relativ große Durchlaßöffnungen ermöglichen. Ferner ermöglichen die erfindungsgemäßen Mikroventile die Herstellung derselben mittels einer in der Halbleitertechnik üblichen Full-Wafer-Verbindungs-technik. Die erfindungsgemäßen Mikroventile weisen somit gegenüber bekannten Mikroventilen Vorteile bezüglich der Einfachheit der Herstellung sowie ferner eine Kostenersparnis bei derselben auf.

Bezugnehmend auf die Fig. 5A, 5B und 6 werden nachfolgend ein fünftes und ein sechstes Ausführungsbeispiel eines Mi-

kroventils gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Dabei sind für gleiche Teile wie in den Fig. 1 bis 4 gleiche Bezugszeichen verwendet, wobei diese Teile nicht nochmals getrennt beschrieben werden.

Das in den Fig. 5A und 5B dargestellte fünfte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in den Fig. 2A und 2B dargestellten Mikroventil dadurch, daß der mikromechanisch gefertigte Chip 100 nunmehr eine breitere Randnase 102 aufweist, in deren von dem Grundkörper 34 abgewandten Oberfläche eine Ausnehmung 104 vorgesehen ist. Durch diese Ausnehmung zusammen mit der Ausnehmung, die durch die Ausbildung der Aufhängungsvorrichtung und des Stößels definiert ist, ist ein Steg 106 festgelegt, der mit der Randnase 102 zusammenwirkt, um ein Drehgelenk zu definieren.

Die Pfeile 108 und 108' in Fig. 5B zeigen, wie dieses Vorsehen eines Drehgelenks an den Befestigungspunkten der Aufhängungsvorrichtung 12 an dem Grundkörper 34 eine spannungsfreie Drehbewegung des Stößel-Chips 100, d.h. der Aufhängungsvorrichtung 12, und somit ein spannungsfreies Öffnen und Schließen der Öffnung 30 der Grundplatte ermöglicht. Ein Drehgelenk kann an einer Mehrzahl von Stellen umfangsmäßig um den Stößel-Chip 100 vorgesehen sein. Alternativ kann ein einziges Drehgelenk den Stößel-Chip umfangsmäßig vollständig umgeben. Wenn das Drehgelenk den Stößel-Chip 100 vollständig umgibt, muß die Öffnung 32 innerhalb der von diesem Drehgelenk eingeschlossenen Fläche in dem Grundkörper 34 angeordnet sein. Ist der Stößel-Chip 100 jedoch nicht um den gesamten Umfang mit der Grundplatte 34 verbunden, muß nur gewährleistet sein, daß die Öffnung 30 und 32 eine fluidische Verbindung aufweisen, wenn die Öffnung 30 geöffnet ist. Der Stößel-Chip 100 kann beispielsweise aus Silizium bestehen, während das Gehäuse 36 beispielsweise aus Kunststoff bestehen kann.

In Fig. 6 ist ein sechstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt, das im wesentlichen dem bezug-

nehmend auf Fig. 4 beschriebenen Ausführungsbeispiel entspricht, wobei wiederum die Anbringung des Stößel-Chips 120 an der Grundplatte 68 unterschiedlich ist. Wiederum ist der Stößel-Chip 120 drehgelenkartig an der Grundplatte 68 angebracht, wobei die spannungsfreie Drehbarkeit des Stößel-Chips 120 durch die Pfeile 122 und 122' in Fig. 6 angedeutet ist. Die Ausgestaltung der drehgelenkartigen Befestigung entspricht hierbei wiederum der in den Fig. 5A und 5B gezeigten.

Durch den bezüglich des fünften und des sechsten Ausführungsbeispiels beschriebenen Aufbau kann die Funktionsfähigkeit des piezoelektrisch betriebenen Mikroventils verbessert werden. Durch die Entkopplung der Drehbewegung von der Befestigung des strukturierten Siliziumchips auf der Grundplatte ergibt sich eine optimierte Befestigung in Form einer größeren Klebefläche, sowie ein reproduzierbares Verhalten bezüglich der Drehbewegung. Dies liegt in der Tatsache begründet, daß sich das Drehgelenk mit mikromechanischen Mitteln sehr genau fertigen läßt und damit an Genauigkeit einer Klebeverbindung weit überlegen ist. Bei der Klebeverbindung ergeben sich Belastungen, die zu einer Alterung und damit Änderung der mechanischen Eigenschaften führen. Dies ändert automatisch das Langzeitverhalten die Durchflußcharakteristik des Ventils. Durch die bezugnehmend auf die Fig. 5 und 6 beschriebenen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung ist ein Weg gefunden worden, die alterungsfreie elastische Biegung des Siliziums zu nutzen. Damit kann ein erhöhter Durchfluß erwartet werden, da die Drehbewegung mit einem geringeren Kraftaufwand erzielt werden kann. Dies bewirkt, daß von der zu Verfügung stehenden Kraft des Piezoaktors ein größerer Teil in die Ausbildung eines größeren Hubs und damit einer hohen Ventilnennweite gesteckt werden kann. Somit wird sowohl eine Verbesserung der Reproduzierbarkeit in der Herstellung der Ventile, als auch eine Verbesserung im Langzeitverhalten der Ventile erreicht.

Patentansprüche

## 1. Mikroventil mit folgenden Merkmalen:

einem Grundkörper (34; 48) mit einer Durchlaßöffnung (30; 50);

einem Stöbel (14; 42; 62);

einer Aufhängungsvorrichtung (12; 44), durch die der Stöbel (14; 42; 62) gegenüber dem Grundkörper (34; 68) derartführbar ist, daß die Durchlaßöffnung (30; 70) durch den Stöbel (14; 42; 62) verschlossen oder freigegeben werden kann; und

einer piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10; 40) zur Betätigung des Stöbels (14; 42; 62), deren Erstreckung in Längsrichtung durch das Anlegen einer elektrischen Spannung veränderbar ist;

wobei in Längsrichtung voneinander beabstandete Enden der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10; 40) mit in Längsrichtung voneinander beabstandeten Enden der Aufhängungsvorrichtung (12; 44) verbunden sind,

wobei eine durch das Anlegen einer elektrischen Spannung an die piezoelektrische Betätigungs vorrichtung (10; 40) bewirkte Änderung der Erstreckung der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10; 40) in Längsrichtung eine Bewegung des Stöbels (14; 42; 62) im wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung bewirkt, um dadurch die Durchlaßöffnung (30; 70) freizugeben oder zu verschließen, und

wobei die Aufhängungsvorrichtung (12; 44) an zumindest zwei beabstandeten Stellen derselben derart an dem

- Grundkörper (34; 68) befestigt ist, daß eine im wesentlichen spannungsfreie Drehbewegung des Stößel-Chips ermöglicht ist.
2. Mikroventil gemäß Anspruch 1, bei dem die Aufhängungsvorrichtung (12; 44) und der Stößel (14; 42; 62) einstückig aus einem mikromechanisch strukturierten Chip (16; 38; 60; 100; 120) gebildet sind.
  3. Mikroventil gemäß Anspruch 2, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip ein Halbleiter-Chip ist.
  4. Mikroventil gemäß Anspruch 2, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip aus Kunststoff besteht.
  5. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 2 bis 4, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip (16; 38; 60; 100; 120) an zumindest zwei voneinander beabstandeten Abschnitten entlang seines Umfangs mit der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10; 40) verbunden ist, einen oder eine Mehrzahl von verdünnten Bereichen (12; 44) aufweist, die die Aufhängungsvorrichtung darstellen, und einen zwischen den zwei mit der piezoelektrischen Betätigungs einrichtung (10; 40) verbunden Enden des Chips angeordneten, verdickten Bereich (14; 42; 62) aufweist, der den Stößel bildet.
  6. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 2 bis 5, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip (16; 60) eine Randnase (20) aufweist, die an zumindest zwei voneinander beabstandeten Abschnitten entlang des Umfangs desselben von der dem piezoelektrischen Betätigungs glied (10) abgewandten Seite vorsteht, wobei der mikromechanisch strukturierte Chip mittels der Randnase (20) an dem Grundkörper (34; 68) befestigt ist.
  7. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Aufhängungsvorrichtung mittels zumindest eines Dreh-

gelenks (102, 106) an dem Grundkörper (34; 68) angebracht ist.

8. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Stöbel (14) die Durchlaßöffnung (30) offenläßt, wenn keine elektrische Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungsglied (10) anliegt, und die Durchlaßöffnung (30) verschließt, wenn eine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungsglied (10) anliegt.
9. Mikroventil gemäß einem der Anspruch 6, bei dem der Grundkörper (34) eine zweite Durchlaßöffnung (32) aufweist, die innerhalb eines durch die Randsäule (20) des mikromechanisch strukturierten Chips (16) festgelegten Bereichs in dem Grundkörper (34) angeordnet ist.
10. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem der Stöbel (42; 62) die Durchlaßöffnung (50) verschließt, wenn keine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungsiglied (40) anliegt, und die Durchgangsöffnung (50) offen läßt, wenn eine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungsiglied (40) anliegt.
11. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die piezoelektrische Betätigungs vorrichtung (40) durch eine Befestigungs vorrichtung an der dem Stöbel (62) und der Aufhängungs vorrichtung abgewandten Seite an einem Gehäusebauglied (48) angebracht ist, wobei die Betätigungs vorrichtung (40) ferner zumindest ein Durchgangsloch (56) aufweist, das über die Befestigungs vorrichtung in fluidmäßiger Verbindung zu einem Durchgangsloch (50) in dem Gehäusebauglied ist, wobei der Stöbel in einer ersten Endstellung das Durchgangsloch (56) in der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (40) verschließt und in einer zweiten Endstellung das Durchgangsloch (70) in dem Grundkörper (68) verschließt, wobei der Stöbel (62) durch das Anlegen oder Entfernen einer Spannung an das piezoelektrische Betätigungs glied (40) in die erste und

zweite Endstellung bewegbar ist.

12. Mikroventil mit folgenden Merkmalen:

einem Grundkörper (48) mit einer Durchlaßöffnung (50);

einem Stößel (42);

einer Aufhängungsvorrichtung (44), durch die der Stößel (42) gegenüber dem Grundkörper (48) derartführbar ist, daß die Durchlaßöffnung (50) durch den Stößel (42) verschlossen oder freigegeben werden kann, wobei der Stößel (42) die Durchlaßöffnung (50) verschließt, wenn keine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungsglied (40) anliegt, und die Durchgangsöffnung (50) offen lässt, wenn eine Spannung an dem piezoelektrischen Betätigungs glied (40) anliegt; und

einer piezoelektrischen Betätigungsvorrichtung (40) zur Betätigung des Stößels (42), deren Erstreckung in Längsrichtung durch das Anlegen einer elektrischen Spannung veränderbar ist,

wobei das piezoelektrische Betätigungs glied (40) mittels einer Befestigungsvorrichtung an der dem Stößel (42) und der Aufhängungsvorrichtung (44) abgewandten Seite an dem Grundkörper (48) angebracht ist, wobei die piezoelektrische Betätigungsvorrichtung (40) zumindest ein Durchgangsloch (56) aufweist, das über die Befestigungsvorrichtung in fluidmäßiger Verbindung mit dem Durchgangsloch (50) in dem Grundkörper (48) ist, und wobei der Stößel (42) das Durchgangsloch (50) des Grundkörpers (48) durch das Verschließen des Durchgangslochs (56) des Betätigungs glieds (40) verschließt,

wobei in Längsrichtung voneinander beabstandete Enden der piezoelektrischen Betätigungsvorrichtung (40) mit in Längsrichtung voneinander beabstandeten Enden der Auf-

hängungsvorrichtung (44) verbunden sind, und

wobei eine durch das Anlegen einer elektrischen Spannung an die piezoelektrische Betätigungs vorrichtung (40) bewirkte Änderung der Erstreckung der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (40) in Längsrichtung eine Bewegung des Stößels (42) im wesentlichen senkrecht zu der Längsrichtung bewirkt, um dadurch die Durchlaßöffnung (50) freizugeben oder zu verschließen.

13. Mikroventil gemäß Anspruch 12, bei dem die Aufhängungsvorrichtung (44) und der Stöbel (42) einstückig aus einem mikromechanisch strukturierten Chip (38) gebildet sind.
14. Mikroventil gemäß Anspruch 12 oder 13, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip ein Halbleiter-Chip ist.
15. Mikroventil gemäß Anspruch 12 oder 13, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip aus Kunststoff besteht.
16. Mikroventil gemäß einem der Ansprüche 13 bis 15, bei dem der mikromechanisch strukturierte Chip (16; 38; 60) an zumindest zwei voneinander beabstandeten Abschnitten entlang seines Umfangs mit der piezoelektrischen Betätigungs vorrichtung (10; 40) verbunden ist, einen oder eine Mehrzahl von verdünnten Bereichen (12; 44) aufweist, die die Aufhängungsvorrichtung darstellen, und einen zwischen den zwei mit der piezoelektrischen Betätigungs einrichtung (10; 40) verbunden Enden des Chips (16; 38; 60) angeordneten, verdickten Bereich (14; 42; 62) aufweist, der den Stöbel bildet.

1/5

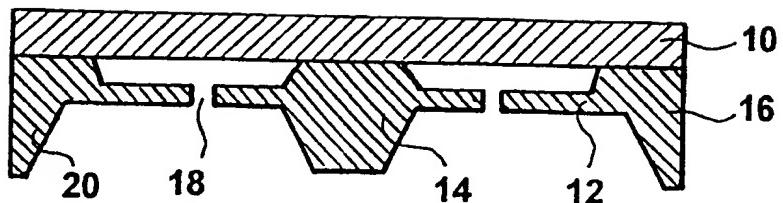


FIG. 1A

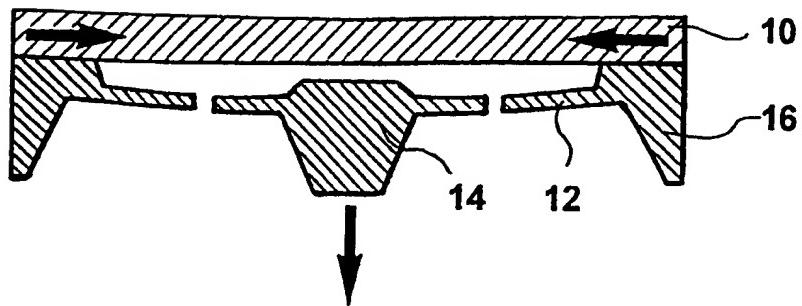


FIG. 1B

2/5

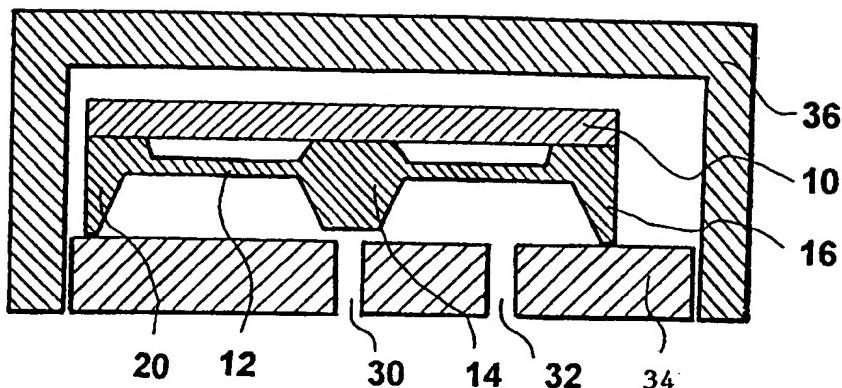


FIG. 2A

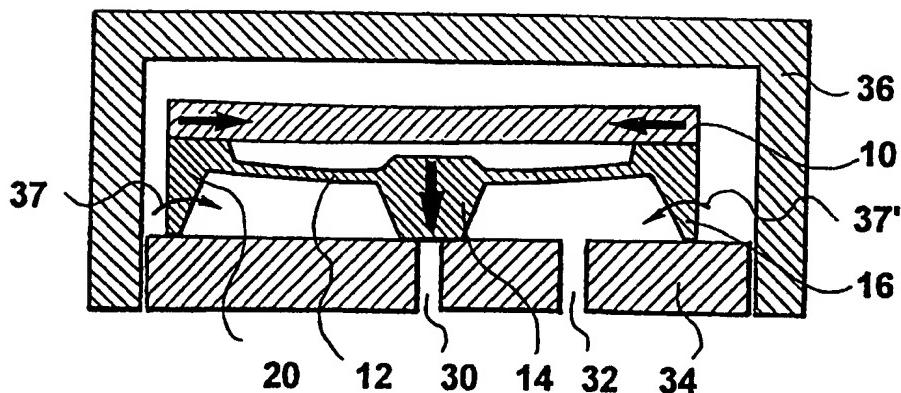


FIG. 2B

3/5

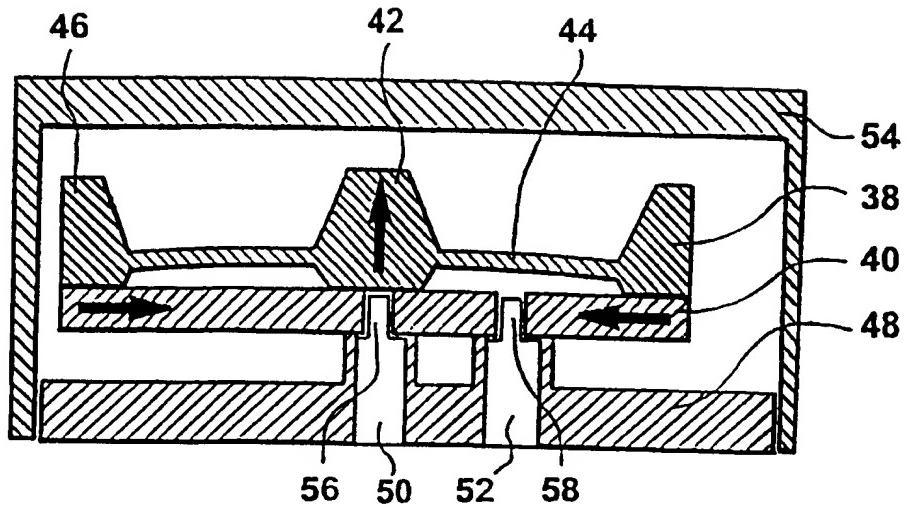


FIG.3

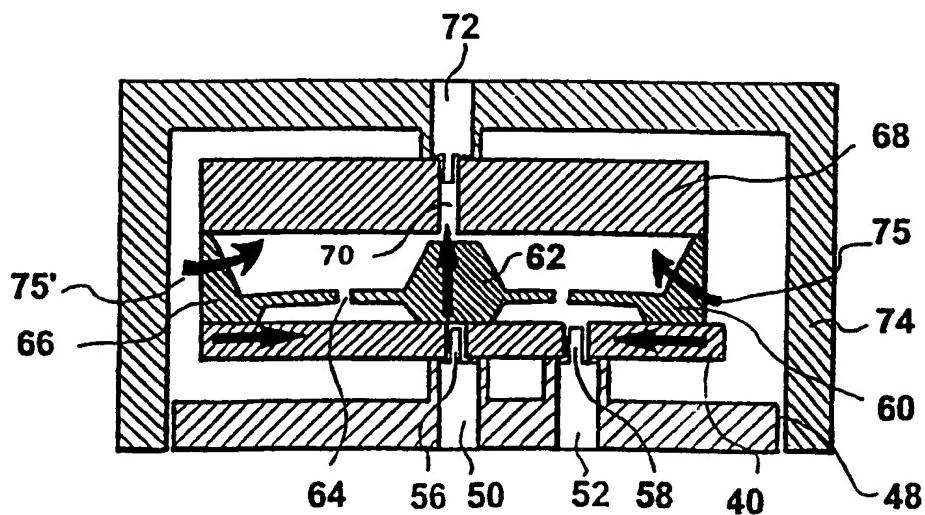
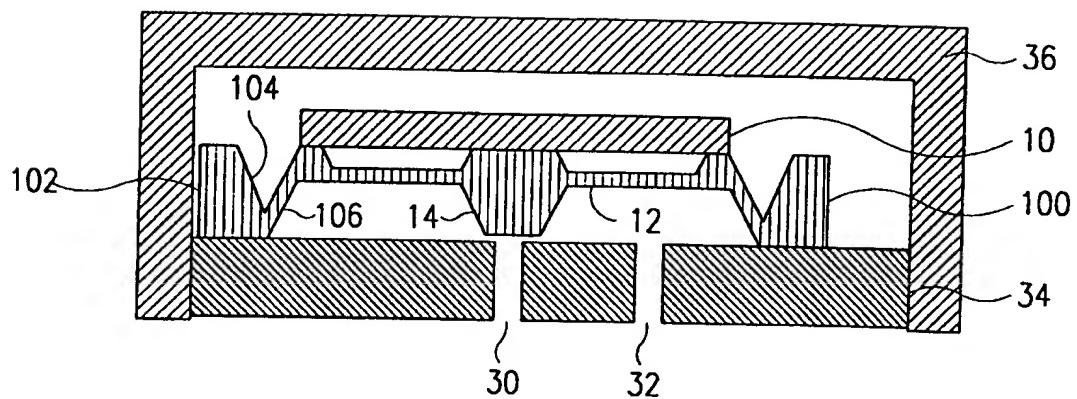
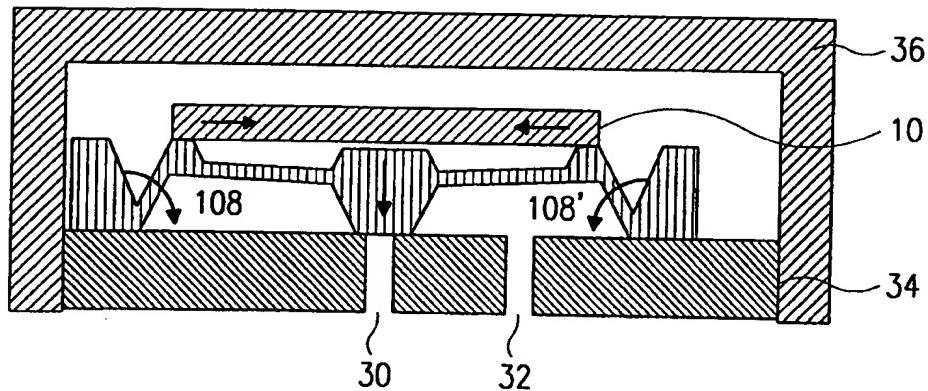
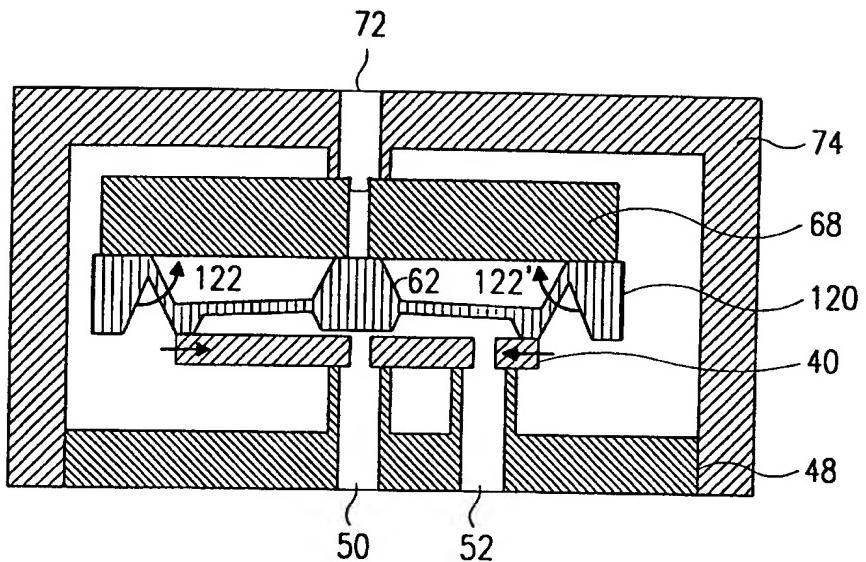


FIG.4

4/5

**FIG. 5A****FIG. 5B**

5/5

***FIG. 6***

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte .onal Application No  
PCT/EP 97/06344

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 6 F15C5/00 F15C3/04 F16K31/00 H01L41/09

According to International Patent Classification(IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 F15C F16K H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ROSSBERG, R., SCHMIDT, B., BÜTTGENBACH, S.: "Micro Liquid Dosing System" MICROSYSTEM TECHNOLOGIES, vol. 2, December 1995, DE, pages 11-16, XP002059881 cited in the application ---	1,12
A	FR 2 642 812 A (CROUZET) 10 August 1990 cited in the application ---	1,12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 009, 31 October 1995 & JP 07 158757 A (NIPPONDENSO CO LTD), 20 June 1995, cited in the application see abstract; figures ---	1 -/-

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

23 March 1998

14/05/1998

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

SLEIGHTHOLME, G

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inte      ional Application No  
PCT/EP 97/06344

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 340 081 A (WRIGHT) 23 August 1994 see abstract; figure 1 ----	1
A	EP 0 704 916 A (NIPPON ELECTRIC) 3 April 1996 see abstract; figure 2 ----	1
A	EP 0 170 173 A (SIEMENS) 5 February 1986 see abstract; figure 1 ----	1
A	DOGAN, A., ET AL: "Properties of Piezoelectric Actuators" PROC. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW ACTUATORS, 26 - 28 June 1996, DE-BREMEN, page 233ff XP002059882 cited in the application see abstract ----	
A	FERNANDEZ, J.F., ET AL: "Tailoring Performance of Cymbal Actuators" PROC. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW ACTUATORS, 26 - 28 June 1996, DE-BREMEN, page 261ff XP002059883 cited in the application see abstract -----	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 97/06344

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2642812 A	10-08-90	NONE	
US 5340081 A	23-08-94	NONE	
EP 0704916 A	03-04-96	JP 2630301 B JP 8150569 A	16-07-97 11-06-96
EP 0170173 A	05-02-86	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter. nationales Aktenzeichen  
PCT/EP 97/06344

**A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 6 F15C5/00 F15C3/04 F16K31/00 H01L41/09

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 6 F15C F16K H01L

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	ROSSBERG, R., SCHMIDT, B., BÜTTGENBACH, S.: "Micro Liquid Dosing System" MICROSYSTEM TECHNOLOGIES, Bd. 2, Dezember 1995, DE, Seiten 11-16, XP002059881 in der Anmeldung erwähnt ---	1, 12
A	FR 2 642 812 A (CROUZET) 10.August 1990 in der Anmeldung erwähnt ---	1, 12
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 095, no. 009, 31.Oktober 1995 & JP 07 158757 A (NIPPONDENSO CO LTD), 20.Juni 1995, in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung; Abbildungen ---	1 -/-

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

- \* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

1

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  23.März 1998	Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts  14/05/1998
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  SLEIGHTHOLME, G

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Inter	nales Aktenzeichen
PCT/EP 97/06344	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie <sup>3</sup>	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 340 081 A (WRIGHT) 23.August 1994 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ----	1
A	EP 0 704 916 A (NIPPON ELECTRIC) 3.April 1996 siehe Zusammenfassung; Abbildung 2 ----	1
A	EP 0 170 173 A (SIEMENS) 5.Februar 1986 siehe Zusammenfassung; Abbildung 1 ----	1
A	DOGAN, A., ET AL: "Properties of Piezoelectric Actuators" PROC. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW ACTUATORS, 26. - 28.Juni 1996, DE-BREMEN, Seite 233ff XP002059882 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung -----	
A	FERNANDEZ, J.F., ET AL: "Tailoring Performance of Cymbal Actuators" PROC. 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NEW ACTUATORS, 26. - 28.Juni 1996, DE-BREMEN, Seite 261ff XP002059883 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung -----	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 97/06344

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
FR 2642812 A	10-08-90	KEINE	
US 5340081 A	23-08-94	KEINE	
EP 0704916 A	03-04-96	JP 2630301 B JP 8150569 A	16-07-97 11-06-96
EP 0170173 A	05-02-86	KEINE	